

HALL SENSOR ARRAY FOR MEASURING A MAGNETIC FIELD WITH OFFSET COMPENSATION

Patent number: WO0118556

Publication date: 2001-03-15

Inventor: SAUERER JOSEF (DE); WEBER NORBERT (DE);
HOHE HANS-PETER (DE)

Applicant: SAUERER JOSEF (DE); WEBER NORBERT (DE);
HOHE HANS PETER (DE); FRAUNHOFER GES
FORSCHUNG (DE)

Classification:

- international: G01R33/07

- european: G01R33/07

Application number: WO2000EP08805 20000908

Priority number(s): DE19991043128 19990909

Also published as:

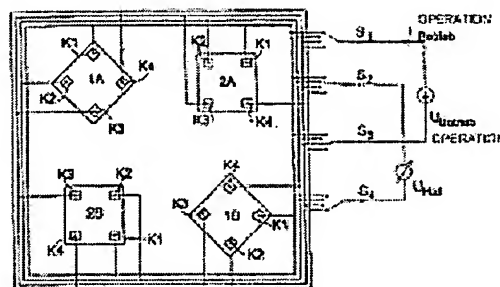
EP1206707 (A1)
DE19943128 (A1)
EP1206707 (B1)

Cited documents:

EP0548391
US4668914
US5747995
DE4302342

Abstract of WO0118556

The invention relates to a Hall sensor array for measuring a magnetic field with offset compensation, comprising a first pair (1A, 1B) and at least one additional pair (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) of Hall sensor elements, whereby each Hall sensor element (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) has four connections (K1, K2, K3, K4), of which a first and a third connection (K1, K3) act as power supply connections for supplying an operating current ($I_{\text{Operation}}$) and a second and fourth connection (K2, K4) act as measurement connections for measuring a Hall current (U_{Hall}). The Hall sensor elements (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) are arranged in such a way that the current directions of the operating current ($I_{\text{Operation}}$) in the two Hall sensor elements of each pair are offset at an angle of approximately 90 DEG, in relation to one another. The Hall sensor elements (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) of the additional pair(s) are arranged in such a way that their current directions are offset at an angle of approximately 90 DEG / n, in relation to the current directions of the first pair (1A, 1B), whereby n is the total number of Hall sensor element pairs and $n \geq 2$.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(12) NACH DEM VEREINBAR ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

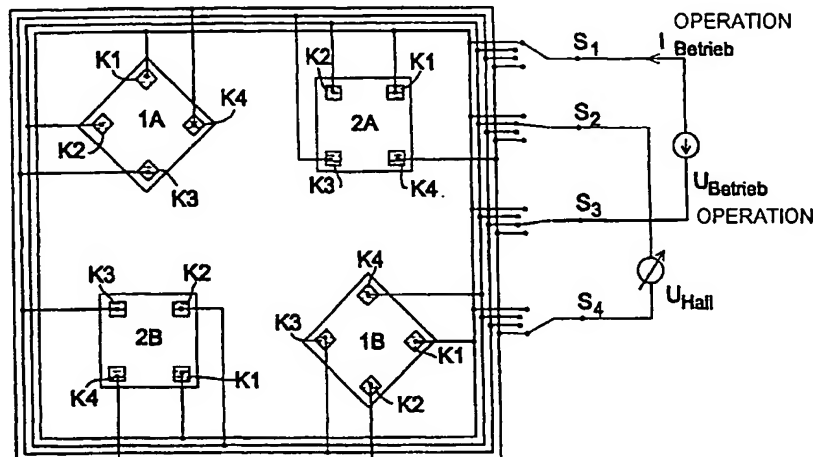
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/18556 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 33/07 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOHE, Hans-Peter [DE/DE]; Burggrub 28, 91332 Heiligenstadt (DE).
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/08805 WEBER, Norbert [DE/DE]; Dorfhauser Strasse 21,
91367 Weissenhohe (DE). SAUERER, Josef [DE/DE];
(22) Internationales Anmeldedatum: Stegerstrasse 9a, 91074 Herzogenaurach (DE).
8. September 2000 (08.09.2000)
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwälte: SCHOPPE, Fritz usw.; Schoppe, Zimmermann
& Stöckeler, Postfach 71 08 67, 81458 München (DE).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: (81) Bestimmungsstaaten (national): AU, CA, JP, US, ZA.
199 43 128.0 9. September 1999 (09.09.1999) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT
ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E. V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54,
80636 München (DE).
Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HALL SENSOR ARRAY FOR MEASURING A MAGNETIC FIELD WITH OFFSET COMPENSATION

(54) Bezeichnung: HALL-SENSORANORDNUNG ZUR OFFSET-KOMPENSIERTEN MAGNETFELDMESSUNG



(57) Abstract: The invention relates to a Hall sensor array for measuring a magnetic field with offset compensation, comprising a first pair (1A, 1B) and at least one additional pair (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) of Hall sensor elements, whereby each Hall sensor element (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) has four connections (K1, K2, K3, K4), of which a first and a third connection (K1, K3) act as power supply connections for supplying an operating current ($I_{Operation}$) and a second and fourth connection (K2, K4) act as measurement connections for measuring a Hall current (U_{Hall}). The Hall sensor elements (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) are arranged in such a way that the current directions of the operating current ($I_{Operation}$) in the two Hall sensor elements of each pair are offset at an angle of approximately 90° , in relation to one another. The Hall sensor elements (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) of the additional pair(s) are arranged in such a way that their current directions are offset at an angle of approximately $90^\circ/n$, in relation to the current directions of the first pair (1A, 1B), whereby n is the total number of Hall sensor element pairs and $n \geq 2$.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/18556 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung umfaßt ein erstes (1A, 1B) und wenigstens ein weiteres Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorelementen, wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß (K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und ein zweiter und ein vierter Anschluß (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) vorgesehen sind. Die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im Wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegenüber den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares (1A, 1B) von Hall-Sensorelementen um im Wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist.

Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Hall-Sensoren und insbesondere die Anordnung und Ansteuerung mehrerer Hall-Sensorelemente in einer Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung.

Ein einzelnes Hall-Sensorelement ist im allgemeinen aus einem n-dotierten aktiven Halbleiterbereich auf einem p-dotierten Halbleitersubstrat aufgebaut. Der n-dotierte aktive Bereich ist üblicherweise über vier Kontaktelektroden bzw. Kontaktanschlüsse, die diagonal gegenüberliegend in dem aktiven Bereich angeordnet sind, mit einer externen Ansteuerlogik verbunden. Die vier Kontaktelektroden des Hall-Sensorelements unterteilen sich in zwei gegenüberliegende Steuerstromkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um einen Stromfluß durch den aktiven Bereich zu erzeugen, und ferner in zwei gegenüberliegende Spannungsabgriffkontaktelektroden, die vorgesehen sind, um eine Hall-Spannung, die bei einem anliegenden Magnetfeld senkrecht zu dem Stromfluß in dem aktiven Bereich auftritt, als Sensorsignal abzugreifen.

Aus der Europäischen Patentschrift EP-0548391 B1 ist eine Hall-Sensoranordnung bekannt, bei der zwei oder vier Hall-Sensorelemente zur Kompensation des Störeinflusses einer bestimmten Kristallrichtung verwendet werden. Die einzelnen Hall-Sensorelemente sind um einen bestimmten Winkel zueinander gedreht, der zwischen 0° und 180° liegt. Der Winkel ist dabei entsprechend der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials gewählt.

Bekanntermaßen treten bei den Herstellungsprozessen von Halbleiterstrukturen produktionsbedingt häufig Inhomogenitäten oder Störungen in dem Halbleitermaterial des aktiven Be-

reichs auf. Diese Inhomogenitäten lassen sich auch mit aufwendigen Herstellungsverfahren nicht vollständig vermeiden. Diese Inhomogenitäten sind häufig ein Grund für das Auftreten eines Offsets des Sensorsignals. Das heißt, an den Kontaktelektroden, an denen die Hall-Spannung abgegriffen wird, wird auch dann ein Sensorsignal erfaßt, wenn kein Magnetfeld an dem aktiven Bereich anliegt. Dieses störende Sensorsignal wird als der Offset des Sensornutzsignals oder einfach auch als Offset-Signal bezeichnet. Durch die starke Abhängigkeit des Offset-Signals von den Inhomogenitäten treten bei herkömmlichen Hall-Sensorelementen große Exemplarstreuungen auf. Ferner wird die Empfindlichkeit und die Meßgenauigkeit der Hall-Sensoren stark beeinträchtigt. Aus diesem Grund ist eine Offset-Kompensation und eine korrekte Auswertung der Sensorsignale im allgemeinen mit einem großen schaltungs-technischen Aufwand verbunden.

Eine weitere Problematik bei Hall-Sensoranordnungen stellen die sogenannten Piezoeffekte dar, die stark von der Kristallrichtung des verwendeten Halbleitermaterials abhängig sind. Die Piezoeffekte können durch mechanische Verspannungen, die aufgrund äußerer Kräfte (z.B. durch das Gehäuse) hervorgerufen werden, oder durch mechanische Spannungen im Kristallgefüge des Halbleitermaterials ein beträchtliches Offset-Signal hervorrufen. Man hat versucht, diese Problematik zu überwinden, indem entweder die Hall-Sensoranordnung an die Kristallrichtung des Halbleitermaterials angepaßt wurde oder indem die Piezoeffekte durch eine geeignete Wahl der Stromrichtungen im Halbleitermaterial in Abhängigkeit von der Kristallrichtung kompensiert wurden. Diese Maßnahmen haben jedoch zur Folge, daß die Herstellungsprozesse dieser Hall-Sensoranordnungen sehr aufwendig sind, da sowohl die Kristallausrichtung der Halbleiteroberfläche als auch die Ausrichtung der Hall-Sensorelemente zueinander und bezüglich der Kristallorientierung beachtet werden müssen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine verbesserte und we-

niger aufwendig herstellbare Hall-Sensoranordnung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft eine Hall-Sensoranordnung zur Offset-kompensierten Magnetfeldmessung, die ein erstes und wenigstens ein weiteres Paar von Hall-Sensorelementen umfaßt, wobei jedes Hall-Sensorelement vier Anschlüsse aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms und ein zweiter und ein vierter Anschluß als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung vorgesehen sind. Die Hall-Sensorelemente sind derart angeordnet, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind, wobei die Hall-Sensorelemente des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegenüber den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist. Die ersten Anschlüsse, die dritten Anschlüsse, die zweiten Anschlüsse und die vierten Anschlüsse der Hall-Sensorelemente sind jeweils elektrisch miteinander verbunden, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse aller Hall-Sensoranordnungen die Hall-Spannung meßbar ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der in einer Hall-Sensoranordnung auftretende Offset-Anteil des Sensorsignals durch die oben ausgeführte geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelemente der Paare und der Verschaltung der Anschlüsse stark verringert und somit bereits ein vorkompensiertes Offset-Signal geliefert

werden kann. Durch die erfindungsgemäße Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente kann eine Unabhängigkeit der erfaßten Hall-Spannung von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials erreicht werden.

Besondere Bedeutung hat die erfindungsgemäße geometrische Anordnung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente vor allem für den sogenannten "Spinning-Current"-Betrieb. Der Spinning-Current-Betrieb besteht darin, daß die Meßrichtung ständig mit einer bestimmten Taktfrequenz um beispielsweise 90° zyklisch weitergedreht wird, d.h. der Betriebsstrom fließt von einer zu der gegenüberliegenden Kontaktelektrode, wobei die Hall-Spannung an den quer dazu liegenden Kontaktelektroden abgegriffen wird, woraufhin dann beim nächsten Zyklus, d.h. der nächsten Meßphase, die Meßrichtung um 90° weitergedreht wird. Die in den einzelnen Meßphasen gemessenen Hall-Spannungen werden durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion ausgewertet, wobei der in der einzelnen Meßphase noch enthaltene Offset weiter reduziert werden kann bzw. sich die Offset-Spannungen bei einem Umlauf annähernd gegenseitig aufheben sollen, so daß die echt magnetfeldabhängigen Anteile des Hall-Signals übrig bleiben.

Aufgrund der erfindungsgemäßen Orientierung und Verschaltung der Hall-Sensorelemente ist es somit nicht mehr notwendig, die Kristallrichtung des Halbleitermaterials zu berücksichtigen, wodurch der Einfluß der von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials abhängigen Piezoeffekte auf die erfaßte Hall-Spannung im wesentlichen vollständig beseitigt werden kann.

Da die starke Abhängigkeit des Offset-Signals sowohl von der Kristallrichtung des Halbleitermaterials als auch von den Inhomogenitäten oder Störungen im Halbleitermaterial durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung im wesentlichen beseitigt ist, wird eine beträchtliche Erhöhung der Empfindlichkeit und der Meßgenauigkeit durch diese Hall-Sensoran-

ordnung erreicht. Aus diesem Grund kann der schaltungstechnische Aufwand, der für eine korrekte Auswertung und Weiterverarbeitung der Sensorsignale erforderlich ist, bei der Hall-Sensoranordnung der vorliegenden Erfindung niedrig gehalten werden.

Aufgrund der verbesserten Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit entsprechend dem niedrigeren Offset-Anteil des Sensorsignals der Hall-Sensoranordnung erhöht sich ferner die nutzbare Auflösung der erfaßten Hall-Spannung.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der Schaltungsaufwand der Hall-Sensoranordnung weiter verringert werden kann, da durch die untereinander feste Verschaltung der Hall-Sensorelemente eine gemeinsame Betriebsstromeinprägung in alle Hall-Sensorelemente und ein gemeinsamer Abgriff aller Hall-Signale der Hall-Sensorelemente verwendet werden kann. Dadurch wird vermieden, daß sowohl die Betriebsströme in jedes Sensorelement einzeln eingespeist als auch die Hall-Spannungen jedes Sensorelements getrennt erfaßt werden müssen. Dadurch lassen sich zusätzliche Schaltungskomponenten, z.B. zusätzliche Schalter, Stromquellen, Zuleitungen usw., vermeiden. Ferner kann die Komplexität der Auswerteschaltung niedrig gehalten werden.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine prinzipielle Darstellung einer Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 a-c: prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Ausführungen und Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 3 a-b: prinzipielle Darstellungen weiterer alternativer geometrischer Anordnungen der Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung.

Bezugnehmend auf Fig. 1 wird nun im folgenden der allgemeine Aufbau einer Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen dargestellt.

Auf einem Halbleitersubstrat, das vorzugsweise p-dotiert ist, sind vorzugsweise vier rechteckige, aktive Halbleiterbereiche aufgebracht, die im allgemeinen n-dotiert sind. Vorzugsweise in den Ecken der n-dotierten aktiven Bereiche sind Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 angeordnet, die im allgemeinen durch eine n^+ -Dotierung erhalten werden. Die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 sind in dem n-dotierten aktiven Bereich jeweils diagonal gegenüberliegend angeordnet, wobei zwei Kontaktelektroden K1, K3 zur Betriebsstromzuführung und die anderen beiden Kontaktelektroden K2, K4 zum Hall-Spannungsabgriff vorgesehen sind. Die aktiven Bereiche bilden die einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B, wobei bei der in Fig. 1 dargestellten Hall-Sensoranordnung mit vier Hall-Sensorelementen jeweils die Hall-Sensorelemente 1A, 1B und die Hall-Sensorelemente 2A, 2B ein Hall-Sensorelementepaar bilden.

In Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die zwei Hall-Sensorelementepaare in einem Viereck plaziert sind, wobei die einzelnen Paare der Hall-Sensorelemente jeweils diagonal angeordnet sind. Es ist jedoch auch möglich, die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares in der Hall-Sensoranordnung untereinander oder auch nebeneinander zu plazieren.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung sind jeweils die Kontaktelektroden K1, die Kontaktelektroden K2, die Kontaktelektroden K3 und die Kontaktelektroden K4 der einzelnen Hall-Sensorele-

mente 1A, 2A, 1B, 2B untereinander parallel geschaltet und ohne dazwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet. Bei der vorliegenden Darstellung bilden die Kontaktelektroden K1 und die Kontaktelektroden K3 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Stromeinprägungskontakte, wohingegen die Kontaktelektroden K2 und die Kontaktelektroden K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung liefern. Die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms und die Kontaktelektroden zur Erfassung einer Hall-Spannung sind in den einzelnen Hall-Sensorelement derart angeordnet, daß die Stromrichtung des eingepprägten Betriebsstroms jeweils senkrecht zu der Richtung der abgegriffenen Hall-Spannung ist.

Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung sind die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares jeweils um 90° zueinander gedreht. Die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares sind gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares um einen Winkel von 45° versetzt.

Bei der praktischen Ausführung der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung kann der Winkel, um den die Betriebsstromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen jedes Paares zueinander gedreht sind, auch von dem Idealwert von 90° abweichen und in einem Bereich von z.B. 80° bis 100° liegen, wobei Winkel in diesem Bereich im Sinne der vorliegenden Erfindung als Winkel von im wesentlichen 90° angesehen werden. Dies gilt auch für den Winkel, um den die Stromrichtungen des zweiten Hall-Sensorelementepaares gegenüber den Stromrichtungen des ersten Hall-Sensorelementepaares versetzt sind, der beispielsweise in einem Bereich von 40° bis 50° gewählt werden kann und folglich im wesentlichen 45° beträgt. Es ist jedoch zu beachten, daß die erzielte Offset-Kompensation der Hall-Sensoranordnung bei einer steigenden Abweichung von den als optimal erachteten Idealwinkeln, die 90° bzw. 45° betragen, abnehmen kann.

Die untereinander fest verschalteten Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der Hall-Sensorelemente 1A, 2A, 1B, 2B sind mit Schaltern S1, S2, S3, S4 verbunden, die jeweils zwischen vier Positionen, d.h. zwischen den Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4, umgeschaltet werden können. Mit den Schaltern S1, S2, S3, S4 können die Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 in den einzelnen Meßphasen der Hall-Sensoranordnung als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} oder als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung U_{Hall} jeweils gemeinsam umgeschaltet werden.

Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hall-Sensoranordnung (nicht explizit dargestellt) kann darin bestehen, daß mehr als zwei Paare von Hall-Sensorelementen verwendet werden. Dabei sind auch in diesem Fall die Stromrichtungen in den beiden Hall-Sensorelementen eines jeden Paares jeweils um im wesentlichen 90° zueinander gedreht. Auch hier müssen die beiden Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich und bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart sein, und können in der Gesamt-Sensoranordnung untereinander, nebeneinander oder in einer Diagonalen angeordnet sein. Die Stromrichtungen der mindestens zwei Hall-Sensorelementepaare sind jeweils untereinander um den Winkel von im wesentlichen $90^\circ/n$ gedreht, wobei n die Anzahl der insgesamt verwendeten Hall-Sensorelement-Paare ist, wobei gilt $n \geq 2$. Wenn beispielsweise drei Hall-Sensorelement-Paare verwendet werden, sind die Stromrichtungen der einzelnen Hall-Sensorelementepaare somit um einen Winkel von im wesentlichen 30° untereinander versetzt. Die Elementepaare der Sensoranordnung sind entweder nebeneinanderliegend oder in der Nebendiagonalen angeordnet, wobei sich die Hall-Sensorelemente paarweise möglichst nahe aneinander befinden.

Auch bei dieser Anordnung sind sowohl die Kontaktelektroden zum Zuführen eines Betriebsstroms I_{Betrieb} (oder einer Versorgungsspannung) als auch die Kontaktelektroden zum Abgreifen der Hall-Spannung U_{Hall} parallel geschaltet und ohne da-

zwischenliegende Schalter fest miteinander verdrahtet.

Durch die erfindungsgemäße Hall-Sensoranordnung mit zwei Paaren von Hall-Sensorelementen, siehe Fig. 1, oder auch mit mehreren Paaren von Hall-Sensorelementen entsteht aufgrund der geometrischen Platzierung der Hall-Sensorelemente bereits in jeder Meßphase ein vorkompensiertes Offset-Signal. So kann beispielsweise ein nachfolgender Verstärker mit einer höheren Verstärkung ausgeführt werden, weil derselbe nicht so schnell in eine Sättigung gehen kann. Der in den einzelnen Meßphasen noch enthaltene vorkompensierte Offset-Anteil der Sensorsignale wird durch die zyklische Umschaltung (z.B. Spinning-Current-Betrieb) der Betriebsstromrichtungen und durch eine geeignete, vorzeichenrichtige und gewichtete Summierung oder Subtraktion der Signale der einzelnen Meßphasen während des Spinning-Current-Betriebs noch weiter reduziert, da die eingangs beschriebenen Offset-Anteile des Sensorsignals aufgrund von Inhomogenitäten oder von Verspannungen im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Dabei ist die angegebene geometrische Anordnung der Sensoren dahingehend von Vorteil, daß der Offset-Anteil eines einzelnen Hall-Sensorelements mit nur vier Anschlüssen kleiner ist als der eines Hall-Sensorelements mit einer anderen Geometrie, z.B. mit acht Kontaktelektroden. Daher verbleibt nach der zyklischen Umschaltung und Gewichtung ebenfalls ein kleinerer resultierender Offset-Anteil. Aufgrund der geometrischen Anordnung der Hall-Sensoranordnung und unter Verwendung des Spinning-Current-Verfahrens liefert die erfindungsgemäße Anordnung eine Hall-Spannung mit äußerst niedrigem Offset-Anteil, wobei die sich ergebende Hall-Spannung unabhängig von der beim Herstellungsprozeß der Hall-Sensoranordnung verwendeten Kristallrichtung bzw. von der Orientierung der Hall-Sensorelemente zu dieser Kristallrichtung ist.

Üblicherweise ist die Hall-Sensoranordnung als monolithisch integriertes Bauelement ausgeführt, wobei in dem Bauelement

neben der Hall-Sensoranordnung auch einer Stromversorgung für die Hall-Sensorelemente als auch eine elektronische Auswerteschaltungen für die Hall-Spannung untergebracht sein können. Die Herstellung dieser Schaltungsanordnung wird im allgemeinen unter Verwendung von üblichen Silizium-Halbleitertechnologien mit bekannten Bipolar- oder MOS-Herstellungsprozessen durchgeführt. Durch die erfindungsgemäße Anordnung können die bekannten Nachteile, die Silizium als Hall-Sensorelementmaterial zugeordnet sind, d.h. eine geringe Hall-Empfindlichkeit und der große Einfluß des Piezo-Effekts, der zu dem Offset-Anteil des Sensorsignals führt, als auch der Einfluß von Inhomogenitäten im Halbleitermaterial im wesentlichen beseitigt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Parallelschaltung der jeweiligen Kontaktelektroden K1, K2, K3, K4 der einzelnen Hall-Sensorelemente sind bei der vorliegenden Hall-Sensoranordnung insgesamt nur vier Ausgangsverbindungen vorgesehen, die ohne größeren Schaltungsaufwand für die einzelnen Meßphasen einfach umgeschaltet und mit der nachfolgenden Auswerteelektronik verbunden werden können. Aufgrund dieser festen Verdrahtung ist es zusätzlich zu den oben beschriebenen Vorteilen hinsichtlich einer verbesserten Offset-Kompensation außerdem möglich, den erforderlichen Schaltungsaufwand gering zu halten, wodurch eine einfachere und damit kostengünstigere Herstellung dieser Hall-Sensoranordnungen gegenüber herkömmlichen Hall-Sensoren erreicht werden kann.

Im folgenden sind zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Konzepts einige weitere unterschiedliche Anordnungsmöglichkeiten für die Hall-Sensorelemente gemäß der vorliegenden Erfindung beispielhaft dargestellt. Es ist zu beachten, daß die Hall-Sensorelemente eines Paares untereinander jeweils geometrisch gleich sein müssen, wobei sich aber die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare in der Geometrie unterscheiden können. Dadurch kann eine weitere Optimierung für den jeweiligen Anwendungsfall bzw. den Anwendungsbereich der Hall-Sensoranordnung durchgeführt werden.

In Fig. 2a sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare die gleiche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2b sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils nebeneinander angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

In Fig. 2c sind die Hall-Sensorelementepaare 1A, 1B und 2A, 2B jeweils diagonal angeordnet, wobei die Hall-Sensorelemente beider Paare eine unterschiedliche geometrische Form aufweisen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit für die geometrische Anordnung der einzelnen Hall-Sensorelementpaare besteht darin, die Hall-Sensorelemente so zu plazieren, daß bezüglich der Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensor-Elemente eine Kreissymmetrie vorliegt.

Eine beispielhafte geometrische Anordnung für zwei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B ist in Fig. 3a dargestellt. Verbindungslinien L1, L2 stellen jeweils die gedachte Verbindung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2 der beiden Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B und 2A, 2B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B und 2A, 2B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

In Fig. 3b ist eine beispielhafte geometrische Anordnung für drei Paare von Hall-Sensorelementen dargestellt. Verbindungslinien L1, L2, L3 stellen jeweils die gedachte Verbin-

dung zwischen den geometrischen Mittelpunkten der beiden Hall-Sensorelemente eines Paares dar. Die Verbindungslinien L1, L2, L3 der drei Paare von Hall-Sensorelementen 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B schneiden sich in einem Punkt M, der den geometrischen Mittelpunkt der gesamten Hall-Sensoranordnung darstellt. Bei dieser geometrischen Anordnung liegen die Mittelpunkte der einzelnen Hall-Sensorelemente 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B symmetrisch auf einer gedachten Kreislinie U, deren Mittelpunkt der Punkt M ist.

Alle im vorhergehenden, dargestellten Hall-Sensoranordnungen liefern die im vorhergehenden beschriebenen Vorteile bezüglich des verringerten Schaltungsaufwands als auch bezüglich der verbesserten Offset-Eigenschaften.

PATENTANSPRÜCHE

1. Hall-Sensoranordnung mit folgenden Merkmalen:

einem ersten (1A, 1B) und wenigstens einem weiteren Paar (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) von Hall-Sensorelementen,

wobei jedes Hall-Sensorelement (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) vier Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) aufweist, von denen ein erster und ein dritter Anschluß (K1, K3) als Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und ein zweiter und ein vierter Anschluß (K2, K4) als Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) vorgesehen sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) derart angeordnet sind, daß die Stromrichtungen des Betriebsstroms (I_{Betrieb}) in den zwei Hall-Sensorelementen jedes Paares um im wesentlichen 90° zueinander winkelmäßig versetzt sind,

wobei die Hall-Sensorelemente (2A, 2B; 2A, 2B, 3A, 3B) des wenigstens einen weiteren Paares derart angeordnet sind, daß ihre Betriebsstromrichtungen gegenüber den Betriebsstromrichtungen des ersten Paares (1A, 1B) von Hall-Sensorelementen um im wesentlichen $90^\circ/n$ winkelmäßig versetzt sind, wobei n die Gesamtzahl der Paare von Hall-Sensorelementen ist und $n \geq 2$ ist, und

wobei die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils elektrisch miteinander verbunden sind, wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen ersten und dritten Anschlüsse (K1, K3) aller Hall-Sensoranordnungen der Betriebsstrom (I_{Betrieb}) zuführbar ist, und wodurch über die elektrisch miteinander verbundenen zweiten und vierten Anschlüsse (K2, K4) al-

ler Hall-Sensoranordnungen (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) die Hall-Spannung (U_{Hall}) meßbar ist.

2. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, bei der die ersten Anschlüsse (K1), die dritten Anschlüsse (K3), die zweiten Anschlüsse (K2) und die vierten Anschlüsse (K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B; 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B) jeweils durch eine feste Verdrahtung elektrisch miteinander verbunden sind.
3. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares jeweils nebeneinanderliegend angeordnet sind.
4. Hall-Sensoranordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares in einer Diagonalen angeordnet sind.
5. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Hall-Sensorelemente des ersten und des zweiten Paares bezüglich der Abmessungen der Hall-Sensorelemente eng benachbart zueinander angeordnet sind.
6. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, die ferner Schalter (S1, S2, S3, S4) aufweist, wobei die Anschlüsse (K1, K2, K3, K4) der Hall-Sensorelemente (1A, 1B, 2A, 2B) mit den Schaltern (S1, S2, S3, S4) verbunden sind, so daß die Versorgungsanschlüsse zum Zuführen eines Betriebsstroms (I_{Betrieb}) und die Meßanschlüsse zur Erfassung einer Hall-Spannung (U_{Hall}) von einer Messung zu einer folgenden Messung um 90° umschaltbar sind.
7. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, die ferner eine Steuereinrichtung aufweist, durch die die Schalter (S1, S2, S3, S4) so ansteuerbar sind, daß die Hall-Sensoranordnung im Spinning-Current-Betrieb betreibbar ist.

8. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Hall-Sensorelemente eines Paares geometrisch gleich ausgeführt sind.
9. Hall-Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Hall-Sensorelemente unterschiedlicher Paare geometrisch unterschiedlich ausgeführt sind.

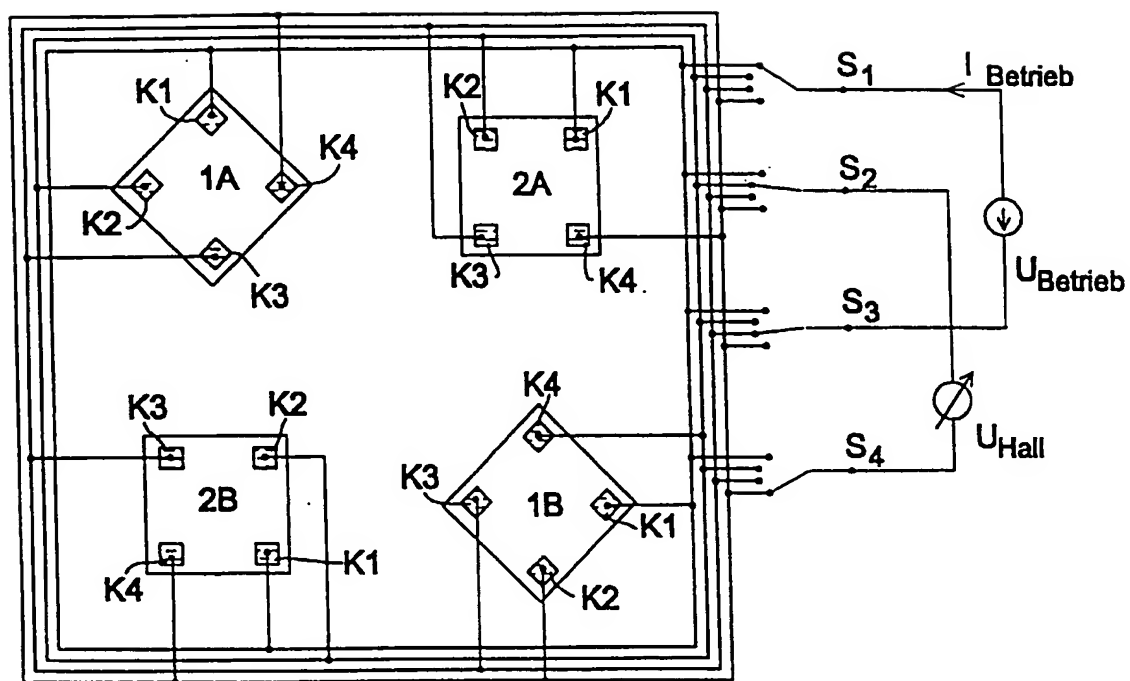


Fig. 1

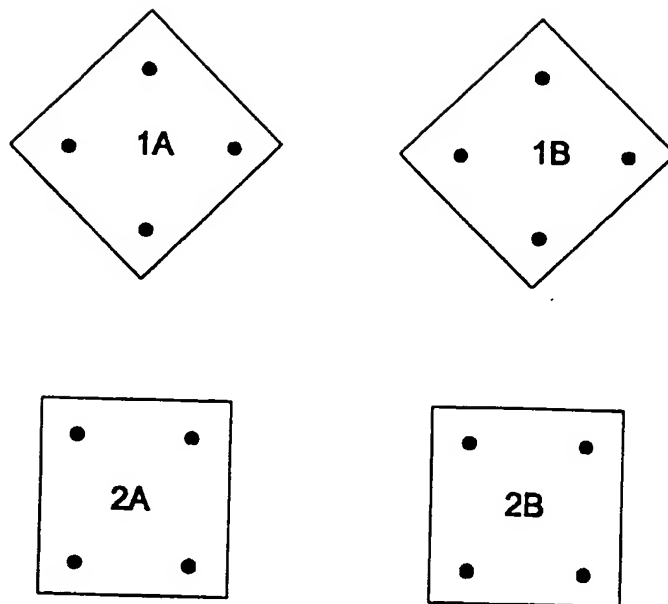


Fig. 2a

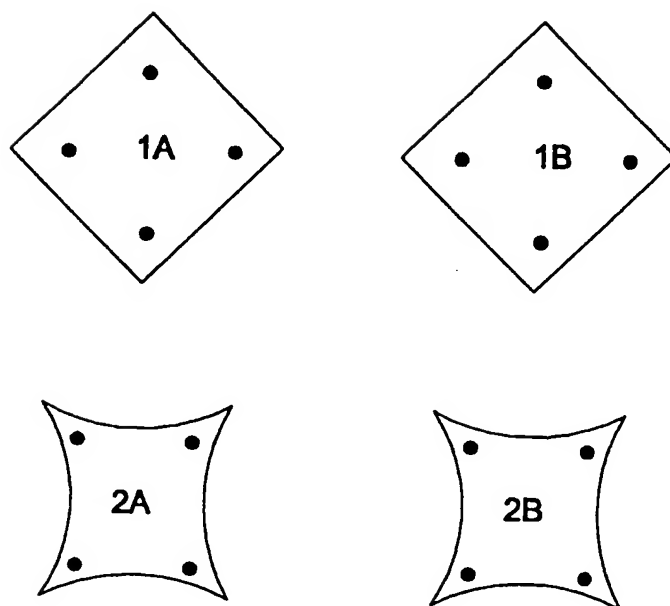


Fig. 2b

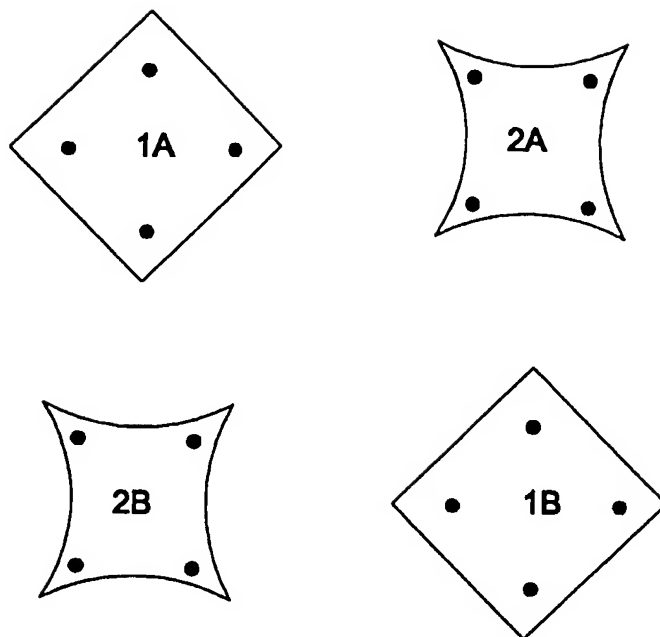


Fig. 2c

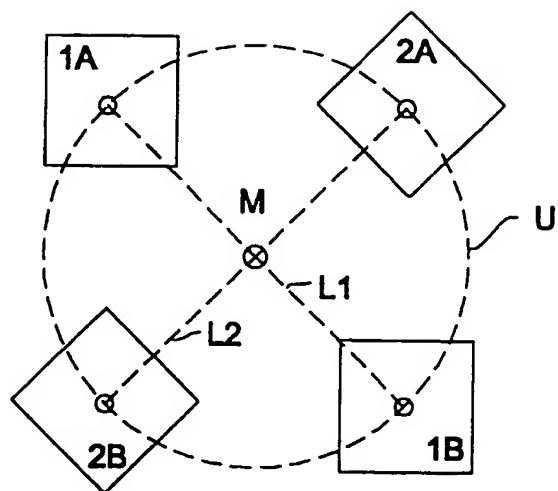


Fig. 3a

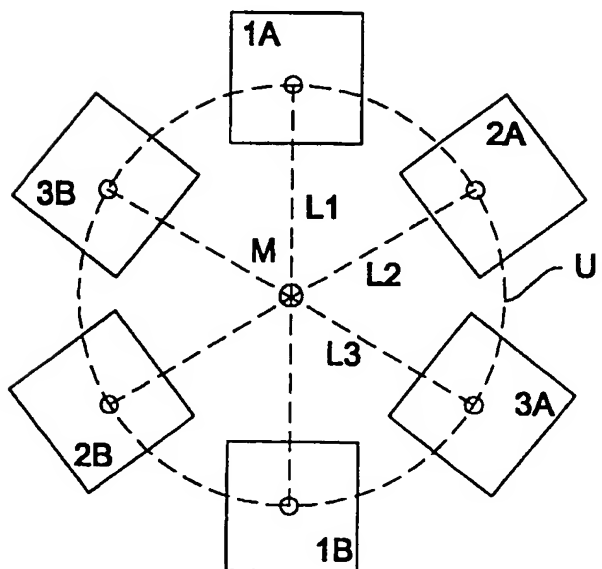


Fig. 3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inventor's Application No
PCT/EP-00/08805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01R33/07

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 548 391 A (ITT IND GMBH DEUTSCHE) 30 June 1993 (1993-06-30) cited in the application column 3, line 33 -column 6, line 1; claim 16; figures 1,2,5 ---	1-3,5,6
A	US 4 668 914 A (KERSTEN PETER ET AL) 26 May 1987 (1987-05-26) column 2, line 66 -column 3, line 33; figure 4 ---	1,6,7
A	US 5 747 995 A (SPIES ALFONS) 5 May 1998 (1998-05-05) column 3, line 41 -column 4, line 50; figures 3,4 --- -/--	1,2,6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 December 2000

Date of mailing of the international search report

21/12/2000

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Swartjes, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In: stion Publication No
PCT/EP 00/08805

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 43 02 342 A (EL MOS ELEKTRONIK IN MOS TECHN) 29 July 1993 (1993-07-29) abstract; figure 2 -----	1-6, 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inventor's name Application No

PCT/EP 00/08805

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0548391	A	30-06-1993	DE 59108800 D	28-08-1997
			JP 6011556 A	21-01-1994
			KR 202774 B	15-06-1999
			US 5406202 A	11-04-1995
US 4668914	A	26-05-1987	DE 3346646 A	04-07-1985
			FR 2557305 A	28-06-1985
			GB 2151848 A,B	24-07-1985
			JP 60227179 A	12-11-1985
US 5747995	A	05-05-1998	DE 19536661 A	03-04-1997
			AT 189306 T	15-02-2000
			DE 59604278 D	02-03-2000
			EP 0766066 A	02-04-1997
			JP 9133550 A	20-05-1997
DE 4302342	A	29-07-1993	WO 9315413 A	05-08-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In. Att. Aktenzeichen

PCT/EP 00/08805

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01R33/07

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 548 391 A (ITT IND GMBH DEUTSCHE) 30. Juni 1993 (1993-06-30) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 33 -Spalte 6, Zeile 1; Anspruch 16; Abbildungen 1,2,5 ---	1-3,5,6
A	US 4 668 914 A (KERSTEN PETER ET AL) 26. Mai 1987 (1987-05-26) Spalte 2, Zeile 66 -Spalte 3, Zeile 33; Abbildung 4 ---	1,6,7
A	US 5 747 995 A (SPIES ALFONS) 5. Mai 1998 (1998-05-05) Spalte 3, Zeile 41 -Spalte 4, Zeile 50; Abbildungen 3,4 --- -/--	1,2,6

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
 "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Dezember 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/12/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Swartjes, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In atio ktenzeichen

PCT/EP 00/08805

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 43 02 342 A (EL MOS ELEKTRONIK IN MOS TECHN) 29. Juli 1993 (1993-07-29) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----</p>	1-6,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung und zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Patenzeicher

PCT/EP 00/08805

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0548391 A	30-06-1993	DE 59108800 D JP 6011556 A KR 202774 B US 5406202 A	28-08-1997 21-01-1994 15-06-1999 11-04-1995
US 4668914 A	26-05-1987	DE 3346646 A FR 2557305 A GB 2151848 A,B JP 60227179 A	04-07-1985 28-06-1985 24-07-1985 12-11-1985
US 5747995 A	05-05-1998	DE 19536661 A AT 189306 T DE 59604278 D EP 0766066 A JP 9133550 A	03-04-1997 15-02-2000 02-03-2000 02-04-1997 20-05-1997
DE 4302342 A	29-07-1993	WO 9315413 A	05-08-1993